View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Repositorio OAI Biblioteca Digital Universidad Nacional de Cuyo

25. Medio Ambiente

Cuantificación del almacenamiento de carbono como base para el monitoreo de escenarios a escala paisaje en el distrito de San Juan del Paraná

Mercado Cacace, María Alejandra; alemercado94@gmail.com; Cañellas Amarilla, Mirna Elizabeth, mircanellas@gmail.com;

Facultad de Ciencias y Tecnología

Universidad Nacional de Itapúa

Resumen

El presente estudio tuvo el propósito de cuantificar el almacenamiento de carbono en el suelo, en tres escenarios a escala paisaje del Distrito de San Juan del Paraná como base para el monitoreo. Para esto se utilizó, como área de estudio, una cobertura vegetal boscosa, una actividad forestal de producción de Eucalyptus globulus Labill, y una producción agrícola de trigo. Para la estimación del carbono fijado en las fuentes de hojarasca, se colectó una muestra representativa de cuatro puntos diferentes, para la cual se delimitó el área con un material plástico circular de 18,5 cm, posteriormente, se procedió a limpiar alrededor de la misma, cuidando no extraer material del interior. La muestra se homogeneizó y se colectó en bolsas herméticas. Con respecto al suelo, se retiró hasta una profundidad aproximada de 15 cm, utilizando una pala barrena. Estas muestras se homogeneizaron en un mismo recipiente, y fueron depositadas en una bolsa hermética de capacidad 27x28 cm. Para ambas fuentes (hojarasca y suelo) fue necesaria la refrigeración, para conservar sus propiedades físicas y químicas, por último, se realizaron los análisis en laboratorio, en el cual se obtuvieron parámetros como: humedad por el método gravimétrico; cenizas, material orgánico y carbono, por el método de calcinación. Como proceso final, los resultados fueron introducidos en la herramienta EX–ACT Versión 7, para obtener un balance de carbono de -356 tCO_2-e, de las
emisiones evitadas o un aumento de la retención de carbono durante toda la duración del análisis completo de 10 años para una superficie de 62 ha.

Palabras claves: cobertura vegetal, producción, balance de carbono.

1. Introducción

Conforme aumenta el deterioro ambiental, como producto del incremento en las concentraciones de CO_2 en la atmósfera, también crece la preocupación en grandes sectores de la población por encontrar herramientas que sean capaces de revertir estas tendencias negativas, tomando en cuenta los problemas sociales y económicos específicos de cada sociedad (Vargas, Amescua, & Yáñez Sandoval, 2004).

El dióxido de carbono es un gas de efecto invernadero que se encuentra presente en forma natural en la atmósfera, pero que se ha incrementado debido al desarrollo de las actividades humanas. La utilización de combustibles fósiles es responsable de la mayor parte de las emisiones de dióxido de carbono en el mundo, y de una importante fracción (alrededor del 20%) de las emisiones de metano y óxido nitroso. El aumento de la agricultura, deforestación, los tiraderos a cielo abierto, producción industrial y minería, contribuyen también de manera significativa con este tipo de emisiones (Vargas, Amescua, & Yáñez Sandoval, 2004).

En la metodología para estimar la cantidad de carbono fijado en los distintos ecosistemas, se pudo observar el potencial de almacenamiento de carbono en los mismos y así se utilizó como base para el monitoreo de escenarios a escala paisaje.

La cuantificación de biomasa y carbono almacenado en un área determinada es posible mediante el uso de varias técnicas y procedimientos. La misma es importante para cuantificar la cantidad de nutrientes en diferentes partes de las plantas y estratos de la vegetación.

La cuantificación de la biomasa y el crecimiento de la vegetación en los ecosistemas son críticos para las estimaciones de fijación de C, un tema actualmente relevante por sus implicaciones en relación al cambio climático (Budowski, 1999); (Malhi & J Grace, 2000); (Snowdon P., y otros, 2001).

En el presente trabajo se analizó el potencial de los suelos agrícolas y forestales como sumideros de carbono, haciendo referencia al uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y un software de libre acceso, siendo una

herramienta de cálculo del Balance de Carbono Ex-ante (EX-ACT) en su versión 7, el cual aporta estimaciones ex–ante sobre el impacto de los proyectos agrícolas y forestales en las emisiones de GEI y de la secuestración de Carbono (C), indicando los efectos en el balance de C.

En esta ocasión se definieron 3 escenarios ubicados en el distrito de San Juan del Paraná. Se evaluó una cobertura vegetal boscosa, producción agrícola y actividad forestal de producción.

2. Objetivos

2.1. General

- Determinar el almacenamiento de carbono en el suelo en tres escenarios a escala paisaje del Distrito de San Juan del Paraná como base para el monitoreo**.**

2.2. Específico

- Cuantificar el carbono fijado en la hojarasca del suelo en tres escenarios.
- Cuantificar el carbono orgánico almacenado en el suelo en tres escenarios.
- Analizar el balance de carbono en un periodo de 10 años para los diferentes escenarios utilizando la herramienta EX-ACT Versión 7.

3. Materiales y Métodos

Se trabajó con suelo de cobertura vegetal boscosa, suelo forestal de producción y suelo agrícola, para caracterizar los diferentes escenarios a ser investigados.

3.1. Determinación del tipo y número de parcelas de muestreo:

Para la definición del tipo, número y dimensiones de la parcela se tomaron criterios como el tipo de uso del suelo (ej. vegetación) a ser muestreado, precisión demandada, naturaleza de las informaciones requeridas y medición.

3.2. Ubicación de las muestras de estudio

3.3.

esta investigación se tomó en cuenta la biomasa orgánica muerta.

3.3.1 Muestreo de hojarasca

Según Delgadillo Ramírez & Quechulpa Montalvo (Manual de Monitoreo de carbono en sistemas agroforestales, 2006) se recomienda iniciar con la toma de estas muestras, para evitar que la parcela se maltrate y así obtener material en buenas

condiciones. Los puntos se ubicaron al azar en el sitio.

Para delimitar el área se utilizó un aro o material plástico circular (tapa de pintura).

Posteriormente se limpió alrededor de la superficie de muestreo, cuidando no extraer material del interior del material plástico circular.

Para la

obtención de una muestra compuesta de hojarasca, por cada sitio en estudio, se procedió a mezclar las muestras colectadas.

La muestra compuesta de hojarasca se depositó en bolsas herméticas numeradas e identificadas según un

orden previamente establecido.

3.3.2. Muestreo de suelo

Para el muestreo de suelo, según Rügnitz Tito, Chacón León, & Porro (2009), se extrajeron muestras de seis puntos diferentes para las áreas de cobertura vegetal boscosa y actividad forestal de producción, y de 8 puntos de muestreo, para la zona de producción agrícola. Esto se realizó para que las muestras sean representativas.

Primeramente, se ablandó la tierra con una pala para que resulte más fácil la extracción de las muestras y se retiró hasta una profundidad aproximada de 15 cm, utilizando una pala barrena.

Con las muestras tomadas por cada sitio en estudio, se procedió a mezclar (homogeneizar) en un mismo recipiente, para luego retirar una muestra compuesta que fue depositada en una bolsa hermética de capacidad 27x28 cm, la misma fue refrigerada con el fin de conservar sus propiedades físicas y químicas, y por último se realizaron los análisis en laboratorio, en el cual se obtuvieron parámetros como: humedad por el método gravimétrico; cenizas, material orgánico y carbono por el método de calcinación.

3.4. Estimación de carbono en suelo y hojarasca en el laboratorio

Para la determinación de la humedad en muestras de suelo se aplicó el método gravimétrico (McKean, 1993)**.**

El procedimiento se detalla a continuación:

3.4.1. Determinación de carbono orgánico en muestras de suelo.

Para el protocolo del método de calcinación de materia orgánica total, nos basamos en (Zagal & Sadzawka, 2007)**:**

Se ubicó la cápsula en la mufla a 550 °C durante 15 minutos, se enfrió en desecador y se pesó. Luego se colocó una porción de muestra en la cápsula y se volvió a pesar. Después se llevó la cápsula a estufa durante 2 horas, se dejó enfriar en desecador y nuevamente se volvió a pesar, luego se lo ubicó en la estufa y se repitió el procedimiento hasta pesada constante. Luego se llevó la cápsula a la mufla y lentamente se subió la temperatura a 550ºC, esta temperatura se mantuvo durante 2 horas y luego lentamente fue disminuyendo a menos de 200 °C. Una vez finalizado, se termina de enfriar en desecador y se pesa.

3.5. Determinación del Carbono Orgánico total en tonC/ha.

3.5.1. Contenido total de carbono en hojarasca

La proporción de peso húmedo corresponde a la biomasa, teniendo en cuenta los datos obtenidos en el laboratorio, se procede directamente como se indica a continuación:

HOJARASCA	COBERTURA VEGETAL BOSCOSA
42,20% C orgánico	**Promedio:** 46,025
46,60% C orgánico	
46,80% C orgánico	
48,50% C orgánico	
Sumatoria: 184,10	
SUELO	**COBERTURA VEGETAL BOSCOSA**
5,8% C orgánico	**Promedio:** 7,025
7,9% C orgánico	
7,8% C orgánico	
6,6% C orgánico	
Sumatoria: 28,1	
HOJARASCA	**ACTIVIDAD FORESTAL DE PRODUCCIÓN**
47% C orgánico	**Promedio:** 45,225
38,1% C orgánico	
46,2% C orgánico	
49,6% C orgánico	
Sumatoria: 180,9	
SUELO	**ACTIVIDAD FORESTAL DE PRODUCCIÓN**
3% C orgánico	**Promedio:** 3,125
3,3% C orgánico	
3% C orgánico	
3,2% C orgánico	
Sumatoria: 12,5	

Contenido Carbono / 1.000.000= CC (ton)

CC (ton) * 0,5= CC (tonC/m^2)

CC tonC/m^2 * 10.000= CC (tC/ha)

La conversión de biomasa seca a carbono se hace utilizando el factor de conversión estándar de 0.5 (IPCC, 2003)

3.5.2. Contenido total de carbono en el suelo

Según (Connolly Wilson & Corea Siu, 2007) una vez obtenida la densidad aparente y el porcentaje de carbono, los cuales son obtenidos en el laboratorio se procede a utilizar la siguiente ecuación para la obtención de tC/ha.

ESCENARIOS	HOJARASCA	SUELO
Cobertura vegetal boscosa	**0,24 tC/ha**	**158,06 tC/ha**
Actividad forestal de producción	**0,23 tC/ha**	**70,31 tC/ha**
Producción agrícola	**0,00**	**74,53 tC/ha**

Carbono en Suelo (tC/ha) = CC * DA * P

3.6. Procesamiento de la información

Se utilizó la herramienta de cálculo del Balance de Carbono Ex-ante (EX-ACT), con el que se comparó la capacidad de secuestrar carbono de tres escenarios. Los módulos utilizados fueron: descripción general del proyecto y cambio de uso de suelo.

4. Resultado y Discusión

4.1. Resultados del análisis laboratorial de carbono orgánico.

Una vez realizados los promedios para cada escenario, se procedió al cálculo de las respectivas ecuaciones, para la cuantificación de carbono en el suelo y hojarasca. Que se muestran en la siguiente tabla:

SUELO	PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
3% C orgánico	**Promedio:** 3,3125
3,2% C orgánico	
4,7% C orgánico	
3,3% C orgánico	
3% C orgánico	
2,8% C orgánico	
3,1% C orgánico	
3,4% C orgánico	
Sumatoria: 26,5	

Con respecto a la tabla de análisis de resultados, podemos señalar que, en lo que respecta a la cobertura vegetal boscosa, ésta obtuvo un mayor almacenamiento de carbono, alcanzando 0,24 tC/ha y 158,06 tC/ha en hojarasca y suelo, respectivamente.

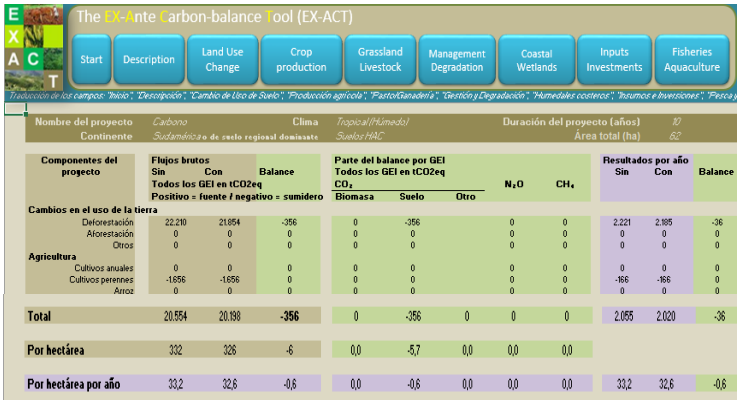
En tanto, en el escenario de actividad forestal de producción se obtuvo 0,23 tC/ha almacenado en la hojarasca y 70,31 tC/ha en el suelo.

Por último, para el escenario de producción agrícola no se tuvo en cuenta la hojarasca, ya que en el momento de realizar el trabajo

de campo, no se contaba con ésta. Alcanzando el suelo un almacenamiento de 74,5 tC/ha.

Al comparar la metodología empleada con otras utilizadas en estudios sobre el almacenamiento de carbono, se puede afirmar que, según (López Valenzuela, 2015), básicamente, los resultados varían en función de la densidad boscosa, dado que la vegetación arbórea es la que aporta la mayor capacidad de captura de carbono. De aquí, se deduce, que un bosque primario posee una mayor capacidad de almacenamiento de carbono que un área con actividad agrícola.

El carbono acumulado en los suelos en el presente trabajo, fue mayor, comparando la investigación de (Gayoso, 2001), en el cual



Nombre del proyecto	Carbono	Clima	Tropical (Húmedo)	Duración del proyecto (años)	10
Continente	Sudamérica	o de suelo regional dominante	Suelos HAC	Área total (ha)	62

Componentes del proyecto	Flujos brutos Sin	Con	Balance	Parte del balance por GEI Todos los GEI en tCO2eq CO_2 Biomasa	Suelo	Otro	N_2O	CH_4	Resultados por año Sin	Con	Balance
	Todos los GEI en tCO2eq										
	Positivo = fuente / negativo = sumidero										
Cambios en el uso de la tierra											
Deforestación	22.210	21.854	-356	0	-356		0	0	2.221	2.185	-36
Aforestación	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Otros	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Agricultura											
Cultivos anuales	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Cultivos perennes	-1.656	-1.656	0	0	0		0	0	-166	-166	0
Arroz	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Total	20.554	20.198	**-356**	0	-356	0	0	0	2.055	2.020	-36
Por hectárea	332	326	-6	0,0	-5,7	0,0	0,0	0,0			
Por hectárea por año	33,2	32,6	-0,6	0,0	-0,6	0,0	0,0	0,0	33,2	32,6	-0,6

afirma que el carbono acumulado en los suelos supera, en todos los casos estudiados, 140 MgC/ha, tomando en cuenta que se consideraron los primeros 30 centímetros de profundidad de suelo, ya que aunque se encuentra materia orgánica hasta los 120 cm, se estima que los cambios que se puedan producir más allá de los 30 cm no son significativos.

Así mismo, según (Equipo técnico de la Facultad de Ciencias Agrarias, 2014), los valores de Carbono almacenados en sistemas predominantemente boscosos fueron los más elevados, se han encontrado valores entre 129,14 y 185,85 tC/ha. Por tal razón, los estimados obtenidos en este trabajo pueden considerarse altamente representativos, ya que en lo que respecta al suelo de la cobertura vegetal boscosa se evidencia un almacenamiento de 158,06 tC/ha.

Por otra parte, los resultados con respecto al almacenamiento de carbono en la hojarasca, corresponden con los informados por (Gayoso, 2001), en la cual, en los otros compartimentos del bosque, los menores contenidos de carbono se presentaron en la biomasa de la hojarasca y el sotobosque.

4.2. Análisis del balance de carbono en un periodo de 10 años utilizando la herramienta EX-ACT Versión 7.

La comparación de los resultados brutos entre el escenario sin y con proyecto

Total	20.554	20.198	**-356**
Por hectárea	332	326	-6
Por hectárea por año	33,2	32,6	-0,6

presenta la diferencia lograda a través de la ejecución del proyecto, que también se llama balance de carbono. Representa el total de -356 tCO2-e de las emisiones evitadas o un aumento de la retención de carbono durante toda la duración del análisis completo de 10 años (5 años de intervención del proyecto y 5 de capitalización/adopción) para una superficie de 62 ha. Esto equivale a una reducción de las emisiones de -6 tCO2-e por hectárea durante toda la duración completa o -0,6 tCO2-e por hectárea al año. Este análisis del proyecto hizo uso de los módulos

Los resultados muestran que el proyecto planteado por (Pardo, 2014) mejora las condiciones del balance de gases de efecto invernadero. Comparando ambas situaciones, en el caso con proyecto se emite menos que si no se llevase a cabo el mismo, coincidiendo así con esta investigación.

En un proyecto de (Branca, Carro, & Madeiros, 2010) las características del suelo también han cambiado considerando suelos de Arcilla de Alta Actividad (HAC, por sus siglas en inglés) – que están presentes en la zona del proyecto- en vez de suelos de Arcilla de Baja Actividad (LAC, por sus siglas en inglés). Los resultados muestran que un cambio en el régimen de humedad, de húmedo a seco, conllevará una disminución en el potencial de mitigación total, esto es lógico ya que se espera que un clima más seco tenga un crecimiento menor de la biomasa aérea y subterránea. Al contrario, un cambio en el régimen de humedad, de húmedo a mojado, aumentará el potencial total de mitigación como consecuencia del crecimiento acelerado por la mayor disponibilidad de agua en la zona de la raíz. Un cambio en las características del suelo (de LAC a HAC) también aumentará el potencial de secuestración, debido a mayores existencias de C y a una mayor fertilidad del suelo. El cambio en el balance final, como consecuencia del cambio en los parámetros del régimen de humedad y del suelo es muy limitado (entre -6% y +11%), lo que muestra que el modelo está bien calibrado. Recalcando que los resultados obtenidos, representan un valor significativo de sumideros de carbono ya que el suelo del distrito de San Juan del Paraná corresponde a un suelo de arcilla de alta actividad (HAC) y húmedo.

5. Conclusión

Los resultados de la investigación por medio de la metodología efectuada, ha demostrado su utilidad en el desarrollo, llevándose a cabo la cuantificación de almacenamiento de carbono en suelo, a

escala paisaje, en el distrito de San Juan del Paraná, como base para el monitoreo. Resultó ser menor en la hojarasca (0,23 tC/ha) y mayor en el suelo (158,06 tC/ha),correspondiente a los tres escenarios previstos

Se demostró que, en los resultados correspondientes a la hojarasca, no tuvieron diferencias significativas. En lo correspondiente al suelo, la cobertura vegetal boscosa posee una mayor capacidad de almacenamiento de carbono, seguido por la producción agrícola, quedando en último lugar la actividad forestal de producción. Los resultados también evidenciaron que la cantidad de carbono almacenado en el suelo, difiere elocuentemente en función de su uso, ocurriendo lo contrario en la hojarasca.

Teniendo en cuenta los resultados del balance de carbono desarrollada con la herramienta EX–ACT, se observó la reducción de emisiones una vez llevado a cabo el trabajo, lo que indica la sustentabilidad y rentabilidad de este para con el medio ambiente, evidenciándose así, un manejo adecuado en finca productiva, asumiendo que se rige por la Ley Forestal N° 422/73, Art. 42.

6. Bibliografía

Branca, G., Carro, A., & Madeiros, K. (2010). *Software EX-ACT para el análisis de balance de carobono en proyectos de inversión.*

Brown, S. (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forests. *FAO Forest Paper 143*.

Budowski, B. (1999). Secuestro de carbono y gestión forestal en América tropical. *Bosques y desarrollo*.

Connolly Wilson, R., & Corea Siu, C. (Agosto de 2007). Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua. Managua.

Delgadillo Ramírez, M., & Quechulpa Montalvo, S. (2006). Manual de Monitoreo de carbono en sistemas agroforestales. 19-20.

Eamus, K., Mc Guinness, & W. Burrows. (2000). Review of allometric relationships for estimating woody biomasa for Queensland, the modern territory and Western Australia.

Equipo técnico de la Facultad de Ciencias Agrarias. (2014). *Consultoría para la medición y monitoreo del contenido*

de carbono en parcelas bajo manejo forestal sustentable y manejo sustentable de tierras, en el Chaco Paraguayo.

Gayoso, J. (s.f.). Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile. *Revista Forestal Iberoamericana Vol. 1 N° 1*, 1.

IPCC. (2003). Good Practice Guidance for LULUCF .

López Valenzuela, G. (2015). Valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono en el fundo violeta. Lima, Perú.

Malhi, & J Grace. (2000). Tropical forests and atmospheric carbon dioxide. *Trends in Ecology and Evolution*, 332-336.

McKean, S. (1993). Manual de Análisis de suelos y tejido vegetal. 13-21.

Pardo, V. E. (2014). *Aplicación de la herramienta EX ACT para el cálculo de balance de carbono en un proyecto de incremento de la superficie forestal en la provincia de mendoza mediante el uso de cortinas forestales en los cultivos de VID.*

Rügnitz Tito, M., Chacón León, M., & Porro, R. (2009). *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales*.

Schlegel, B., Gayoso, J., & Guerra, J. (2000). Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial.

Snowdon P., Raison, J., Keith, H., Montagu, Bi, H., Ritson, P., . . . Eamus, D. (2001). Protocol for sampling tree and stand biomass.

Vargas, A., Amescua, M., & Yáñez Sandoval, A. (2004). La captura de carbono en bosques: una herramienta para la gestión ambiental?

Zagal, E., & Sadzawka, A. (2007). *Protocolo de métodos de análisis para suelos y lodos.*